

資料

## 菱田川の水質汚濁原因等に関する調査

瀬戸 加奈子      田島 義徳      大西 正巳

### 1 はじめに

霧島市福山町荒磯岳を源流として大隅半島中央部を貫流し、志布志湾に流入する菱田川は、延長55.4km、流域面積394.4km<sup>2</sup>の二級河川である。

河川水質については、1973年12月に流域全体が環境基準A類型に指定され、水質の常時監視調査が行われているが、環境基準点の菱田橋ではBODの環境基準を超過する状態が続いている。

本報では、菱田川の水質調査結果及び「平成21年度身近なふるさとの川総合調査事業」の社会背景調査に基づく汚濁負荷の発生状況から、菱田川におけるBODの環境基準超過の要因について検討を行い、水質保全対策に資することとした。

### 2 調査方法

#### 2.1 対象地域

調査の対象は菱田川流域のうち菱田橋から上流域とし、支川の高尾川流域は含まないものとする。

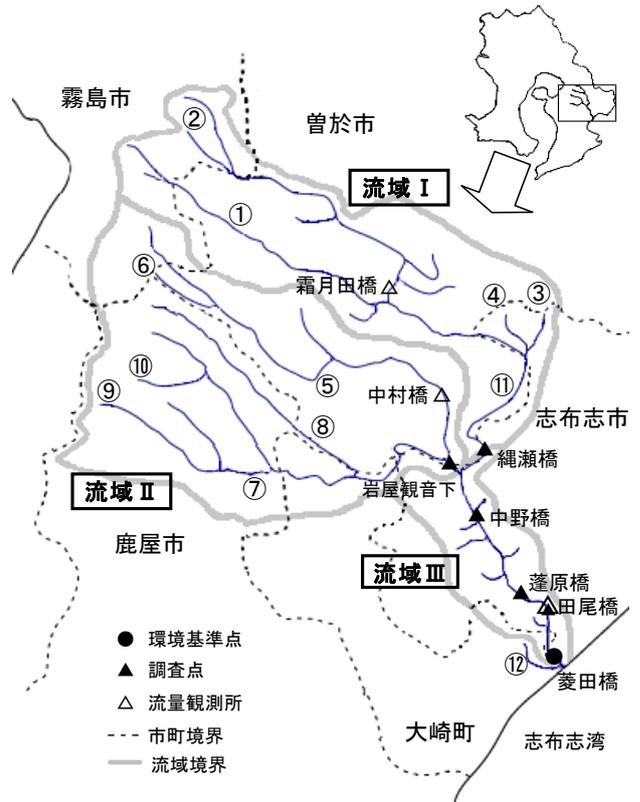
また、対象地域を3区域に区分し、縄瀬橋から上流域（流域Ⅰ）、岩屋観音下から上流域（流域Ⅱ）、縄瀬橋から下流域（流域Ⅲ）の流域別に汚濁負荷量を算出することとした。流域の区分について図1及び表1に示す。

#### 2.2 水質データ

1976年度から2010年度の「鹿児島県公共用水域及び地下水の水質測定結果」から菱田川の環境基準点及び調査点の水質測定結果を用いた。環境基準点及び調査点（以下「調査地点」という。）の位置を図1に、調査期間を表2に示す。

#### 2.3 河川流量

2002年から2008年の鹿児島県（河川課）の観測値を用いた。流量観測所の位置を図1に示す。



(注) ①前川, ②前川内川, ③松尾川, ④山角川, ⑤月野川, ⑥二瀬元川, ⑦大鳥川, ⑧梅ヶ渡川, ⑨堂籠川, ⑩浦谷川, ⑪菱田川, ⑫高尾川

図1 調査地点

表1 流域の区分

区分	流域	河川
流域Ⅰ	縄瀬橋から上流域	①②③④⑪
流域Ⅱ	岩屋観音下から上流域	⑤⑥⑦⑧⑨⑩
流域Ⅲ	縄瀬橋から下流域	⑫

表2 調査地点及び調査期間

河川名	調査地点	調査期間 (年度)
月野川	岩屋観音下 (調査点)	2002～2004
菱田川	縄瀬橋 (調査点)	2002～2004
菱田川	中野橋 (調査点)	2002～2004, 2006～2008
菱田川	蓬原橋 (調査点)	2006～2008
菱田川	田尾橋 (調査点)	2006～2008
菱田川	菱田橋 (環境基準点)	1976～2010

2. 4 社会背景調査

「平成21年度身近なふるさとの川総合調査事業報告書」(以下「クリーンリバー2010」という。) <sup>1)</sup>の調査結果を使用した。

2. 5 汚濁負荷量原単位

排出汚濁負荷量の算出に用いた原単位を表3~7に示す。生活系の原単位は「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」<sup>2)</sup>に基づく値を用いた。ただし、し尿処理施設、集落排水処理施設についてはクリーンリバー2010の調査結果(2008年度の排水測定結果)を用いた。畜産系の原単位は、鹿児島湾水質環境管理計画<sup>3)</sup>及びクリーンリバー2010の調査結果を用いた。水産系の原単位は、池田湖水質環境管理計画<sup>4)</sup>並びにクリーンリバー2010に基づく値を用いた。

表3 生活系汚濁負荷原単位

(BOD: g/人・日)

収集処理		単独浄化槽処理		合併浄化槽処理	移動人口	
し尿	雑排水	し尿	雑排水		宿泊客	日帰り客
0	40	4.3	40	10.9	9.3	2.6

(注)「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」<sup>2)</sup>に基づく原単位

表4 畜産系汚濁負荷原単位

(BOD: g/頭・日)

畜種等 処理区分	子牛	成牛	豚		
	耕地還元	耕地還元	耕地還元	汚水処理	その他
BOD	1.28	6.4	12	6.3	100

表5 内水面養殖に係る汚濁負荷原単位

魚種	鰻
BOD (kg/t・日)	3.8*

\* 年間生産量1tあたりの排出汚濁負荷原単位

表6 業種・施設別汚濁負荷原単位

業種・施設	BOD (mg/L)
水産食料品製造業	16.5
野菜果実原料保存食料品製造業	9.4
パン・菓子製造業	6.2
豆腐又は煮豆の製造業の用に供する施設	8.0
生コンクリート製造業	6.1
酸・アルカリによる表面処理	7.6
旅館業	7.1
洗たく業の用に供する施設	10.5
自動式車両洗浄施設	8.9
科学技術研究等又は専門教育施設	13.2
し尿処理施設(事業場系)	5.2

(注) クリーンリバー2010の調査結果に基づく原単位

表7 自然系汚濁負荷原単位

BOD (kg/km <sup>2</sup> ・日)	0.842
-----------------------------	-------

事業場系の原単位は、クリーンリバー2010の調査結果を用いた。ただし、規制事業場については排出基準監視結果を用いて排出汚濁負荷量の算出を行った。

自然系の原単位は、「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」<sup>2)</sup>に基づく値を用いた。

3 河川概況

3. 1 流域の概況

菱田川の流域は霧島市、鹿屋市、曾於市、志布志市、大崎町に及び、多くの支川がある。主な支川を表8に示す。

菱田川の環境基準を表9に示す。1975年10月には流域内の特定事業場のうち排出量30m<sup>3</sup>/日以上の実業場について上乗せ排水基準が設定された。しかし、菱田川の水質については、流域の都市化や産業の発展に伴い、未処理の生活排水や水産、農畜産業系の汚水が流入することにより環境基準を超過する状況が続いている。

表8 河川延長と流域面積<sup>5)</sup>

河川名	延長(km)	流域面積(km <sup>2</sup> )	流域市町(流域区分)
①前川	19.8	47.2	霧島市、曾於市 (I)
②前川内川	4.2	5.2	霧島市 (I)
③松尾川	6.4	16.9	曾於市、志布志市 (I)
④山角川	6.5	7.8	曾於市、志布志市 (I)
⑤月野川	30.0	64.9	霧島市、鹿屋市、曾於市 (II)
⑥二瀬内川	5.9	9.4	霧島市、鹿屋市、曾於市 (II)
⑦大島川	30.5	50.4	鹿屋市、曾於市、大崎町、志布志市 (II)
⑧梅ヶ渡川	20.0	28.1	鹿屋市、曾於市、大崎町、志布志市 (II)
⑨堂籠川	11.2	23.5	鹿屋市 (II)
⑩浦谷川	6.7	7.9	鹿屋市 (II)
⑪菱田川	55.4	128.4	霧島市、曾於市、大崎町、大崎町、志布志市 (I)(III)
⑫高尾川	-	4.7	志布志市、大崎町
全体	196.6	394.4	大崎町、志布志市、曾於市、霧島市、鹿屋市

(注) ①~⑫は図1の番号、(I)~(III)は表1の流域区分を表す。

表9 生活環境の保全に関する環境基準の類型指定状況

類型	pH	DO	BOD	SS	大腸菌群数
A	6.5以上 8.5以下	7.5mg/L 以上	2mg/L 以下	25mg/L 以下	1000MPN/100mL 以下

4 調査結果と考察

4. 1 水質の状況

4. 1. 1 環境基準点の水質

環境基準点における水質の経年変化を図2に示す。pHは概ね6.8~7.8で変動しており、環境基準の範囲

内で推移していた。

DOの年間最小値はたびたび環境基準を下回っていたが、いずれも河川水のDOが低下する春季または夏季であった。

BOD75%値については、1980年代は環境基準を下回って推移していたが、1990年以降は基準超過がみられ、20年間で環境基準を達成したのは7回であった。平均値についても75%値と同様、1990年代以降はそれ以前と比べて上昇していた。

SSは環境基準超過が続いていたが、BODと異なり、

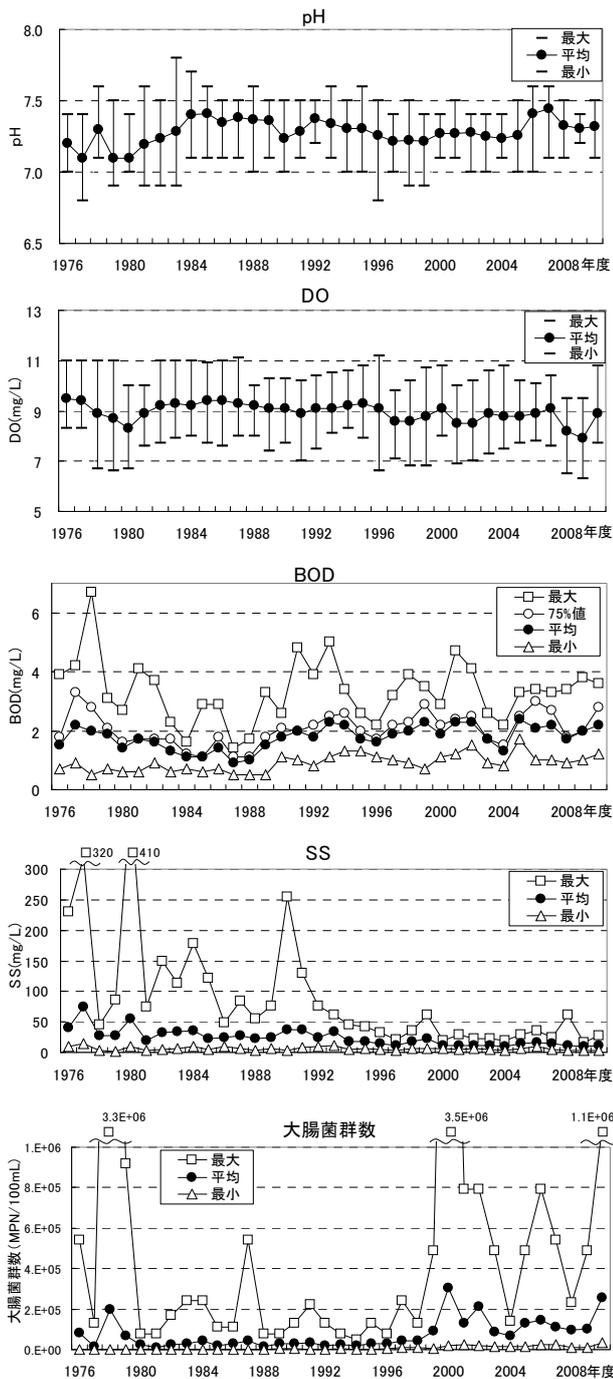


図2 菱田橋における水質の経年変化

低下傾向にあり、1990年代以降、年平均値は環境基準を下回っていた。

大腸菌群数については、2000年代には1980、90年代と比べて大幅な環境基準超過が頻繁にみられた。

#### 4. 1. 2 流域別の水質の状況

環境基準点以外に、図1に示す調査点において、水質調査が実施された。調査点は流域Ⅰの菱田川本川と大鳥川との合流地点より上流に位置する縄瀬橋、流域Ⅱの大鳥川と月野川の合流地点に位置する岩屋観音下、流域Ⅲの中野橋、蓬原橋、田尾橋である。

##### (1) 流域Ⅰ及びⅡにおけるBOD

流域Ⅰの縄瀬橋、流域Ⅱの岩屋観音下におけるBODの調査結果を図3に示す。

縄瀬橋、岩屋観音下では、水質の変動が小さく、BODは0.5mg/L前後の良好な状態であった。

なお、2002年度の岩屋観音下における10mg/Lという高い値は、試料採取記録から発生源の影響を強く受けたものと推測された。

##### (2) 流域ⅢにおけるBOD

流域Ⅲの中野橋、蓬原橋における調査結果を図3に、田尾橋、菱田橋の調査結果を図4に示す。

中野橋と蓬原橋では、概ね0.5~2mg/Lで推移していたが、希に基準超過がみられた。下流の田尾橋では、年間のBODの変動幅が大きく、1.1~4.9mg/Lの間で推移し、7割程度の割合で基準を超過していた。

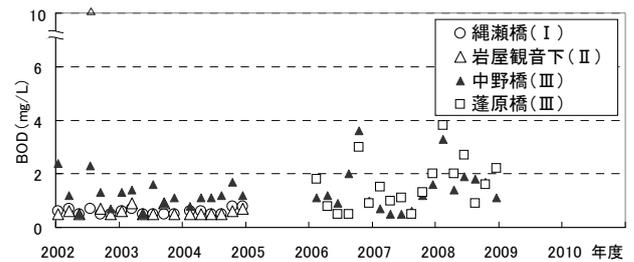


図3 流域Ⅰ、Ⅱ及びⅢ(中野橋、蓬原橋)におけるBOD

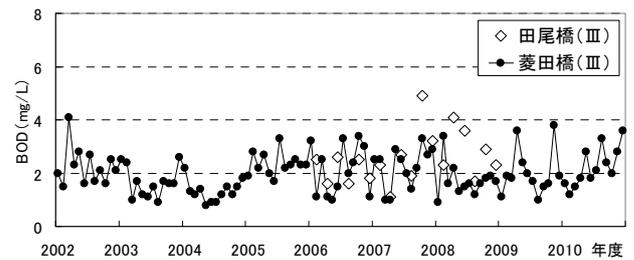


図4 流域Ⅲ(田尾橋、菱田橋)におけるBOD

また、最下流の菱田橋においても田尾橋と同様、変動幅が大きく、0.8~4.1mg/Lで推移し、4割程度の割合で基準超過していた。

調査地点別のBODの平均値及び最小、最大値を図5に示す。BODの平均値は田尾橋が最も高かった。次節で述べる流域で最大の負荷割合を占める水産系の汚濁負荷量について、流入区間別の排出状況を表10に示す。蓬原橋から田尾橋までの間に汚濁負荷の流入が集中していることが、田尾橋においてBODが最も高くなった原因であると推測される。

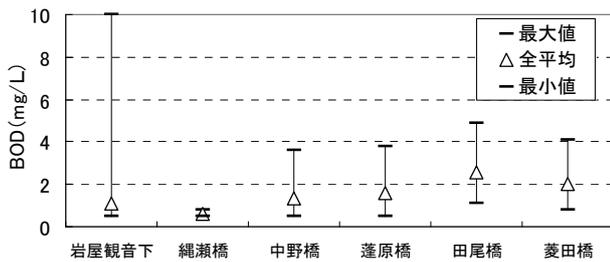


図5 調査地点別BOD

表10 水産系汚濁負荷量の排出状況

流入区間	水産系負荷量 (BOD : kg/日)
中野橋-蓬原橋	1599.0
蓬原橋-田尾橋	7962.9
田尾橋-菱田橋	596.1

#### 4. 2 汚濁負荷量

水質汚濁原因について検討するため、流域Ⅰ～Ⅲの流域別の排出汚濁負荷量を算出した。

##### 4. 2. 1 フレームデータ

2008年度におけるフレームデータを表11に示す。

また、将来予測年度を菱田川流域の下水道整備計画が完了する予定の2024年度としたフレームデータの推計値を表12に示す。流域人口及び生活系の処理区分別人口については、各市町の総合計画及び廃棄物処理計画、下水道整備計画をもとに推計した。なお、近年の鹿児島県における畜産業・漁業の生産量及び事業所数の推移<sup>5)~7)</sup>からみて生活系以外の変動はないものとして推計した。

##### 4. 2. 2 汚濁負荷量

フレームデータをもとに現状と将来について流域別の排出汚濁負荷量を算出した。

2008年度における汚濁負荷量及び負荷割合を表13に示す。排出汚濁負荷総量は13491kg/日であり、水産系が75.3%、畜産系が13.8%を占めていた。

水産系負荷は大隅半島で盛んに行われている鰻の養殖によるもので、流域Ⅲに集中していた。また、流域Ⅰ及びⅡでは畜産系負荷の割合が高かった。

流域区分別では、流域Ⅲにおける負荷量が全体の約80%を占めており、下流域に負荷が集中していることが分かった。

表11 2008年度フレームデータ

流域区分	生活系					畜産系					水産系	事業場系	流域面積		
	流域人口					移動人口		牛飼養頭数		豚飼養頭数					
	下水道等*	合併浄化槽	単独浄化槽	し尿処理収集	宿泊客	日帰り客	成牛	子牛	耕地還元	処理後放流	その他	鰻生産量		特定事業場	
(人)	(人)	(人)	(人)	(人)	(人)	(人)	(頭)	(頭)	(頭)	(頭)	(頭)	(t)	(数)	(km <sup>2</sup> )	
流域Ⅰ	16106	279	6206	4058	5563	11102	359042	8819	2480	7570	53350	0	0.0	38	156.9
流域Ⅱ	11440	815	3886	3030	3709	6767	121026	8966	5929	5103	74605	4892	0.0	8	184.2
流域Ⅲ	7000	1604	432	2745	2219	14973	193845	3581	1945	12466	17645	0	2673.2	10	48.6
全体	34546	2698	10524	9833	11491	32842	673913	21366	10354	25139	145600	4892	2673.2	56	389.7

\* 公共下水道及び農業集落排水処理施設

表12 2024年度フレームデータ

流域区分	生活系					畜産系					水産系	事業場系	流域面積		
	流域人口					移動人口		牛飼養頭数		豚飼養頭数					
	下水道等*	合併浄化槽	単独浄化槽	し尿処理収集	宿泊客	日帰り客	成牛	子牛	耕地還元	処理後放流	その他	鰻生産量		特定事業場	
(人)	(人)	(人)	(人)	(人)	(人)	(人)	(頭)	(頭)	(頭)	(頭)	(頭)	(t)	(数)	(km <sup>2</sup> )	
流域Ⅰ	14626	256	5932	3509	4929	11102	359042	8819	2480	7570	53350	0	0.0	38	156.9
流域Ⅱ	10269	760	3587	2664	3258	6767	121026	8966	5929	5103	74605	4892	0.0	8	184.2
流域Ⅲ	6400	1913	1283	1890	1314	14973	193845	3581	1945	12466	17645	0	2673.2	10	48.6
全体	31295	2929	10802	8063	9501	32842	673913	21366	10354	25139	145600	4892	2673.2	56	389.7

\* 公共下水道及び農業集落排水処理施設

表13 2008年度汚濁負荷量及び負荷割合

(BOD : kg/日)

流域区分	生活系	畜産系	水産系	事業場系	自然系	合計
流域Ⅰ	473.1 ( 3.5)	486.6 ( 3.6)	0.0 ( 0.0)	110.1 ( 0.8)	132.1 ( 1.0)	1201.9 ( 8.9)
流域Ⅱ	328.0 ( 2.4)	1085.4 ( 8.1)	0.0 ( 0.0)	3.6 ( 0.0)	155.1 ( 1.2)	1572.1 ( 11.7)
流域Ⅲ	218.0 ( 1.6)	286.2 ( 2.1)	10158.0 (75.3)	14.2 ( 0.1)	40.9 ( 0.3)	10717.3 ( 79.4)
全域	1019.1 ( 7.5)	1858.2 (13.8)	10158.0 (75.3)	127.9 ( 0.9)	328.1 ( 2.5)	13491.3 (100.0)

(注) ( ) は負荷割合 (%) を表す。

表14 2024年度汚濁負荷量及び負荷割合

(BOD : kg/日)

流域区分	生活系	畜産系	水産系	事業場系	自然系	合計
流域Ⅰ	420.4 ( 3.2)	486.6 ( 3.7)	0.0 ( 0.0)	110.1 ( 0.8)	132.1 ( 1.0)	1149.2 ( 8.7)
流域Ⅱ	290.6 ( 2.2)	1085.4 ( 8.1)	0.0 ( 0.0)	3.6 ( 0.0)	155.1 ( 1.2)	1534.7 ( 11.5)
流域Ⅲ	153.2 ( 1.1)	286.2 ( 2.1)	10158.0 (76.2)	14.2 ( 0.1)	40.9 ( 0.3)	10652.5 ( 79.8)
全域	864.2 ( 6.5)	1858.2 (13.9)	10158.0 (76.2)	127.9 ( 0.9)	328.1 ( 2.5)	13336.4 (100.0)

(注) ( ) は負荷割合 (%) を表す。

生活排水対策のみを考慮に入れた将来の汚濁負荷量及び割合の推計値を表14に示す。排出汚濁負荷総量の推計値は13336kg/日となった。将来予測における負荷の削減量は155kg/日であり、生活系の負荷は15%削減される見込みであるが、全体に占める削減割合は約1%と少ない。流域Ⅲにおける汚濁負荷量が全体に占める割合は約80%で現状と同じく下流域に負荷が集中している。

4. 3 将来水質の予測と汚濁負荷量

4. 3. 1 水質調査地点における低水流量

河川流量の観測は、上流域2箇所と下流域の合計3箇所で行われている。観測所における2002～2008年の低水流量の平均値、観測所上流の流域面積<sup>3)</sup>及び比流量を表15に示す。上流の霜月田橋、中村橋の流域面積、低水流量には大きな差はなかった。田尾橋の比流量を用いて推計した菱田橋の低水流量を表16に示す。

表15 観測所における低水流量及び流域面積

観測所	低水流量 (m <sup>3</sup> /s)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	比流量 <sup>*</sup> (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
菱田川 霜月田橋	2.59	70.1	0.03695
月野川 中村橋	2.65	68.0	0.03897
菱田川 田尾橋	12.85	378.2	0.03398

\* 比流量 = 低水流量 ÷ 流域面積

表16 水質調査点における流域面積及び低水流量(推計)

地点	低水流量 (m <sup>3</sup> /s)	流域面積 (km <sup>2</sup> )	比流量 (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
菱田川 菱田橋	13.24	389.7	0.03398

4. 3. 2 汚濁物質の流達率

環境基準点における将来水質の算定を行うため、BOD75%値の2002～2010年度の平均値と低水流量から求めた流達汚濁負荷量及び排出汚濁負荷量に対する流達汚濁負荷量の割合(流達率)を表17に示す。菱田橋における流達率は0.193となった。流達率は農村部では0～0.20、市街地周辺地域は0.1～0.6と考えられており<sup>2)</sup>、妥当な値と考えられる。

表17 環境基準点における汚濁物質の流達率

地点	BOD75%値*	低水流量 (m <sup>3</sup> /s)	流達負荷量 (BOD : kg/日)	排出負荷量 (BOD : kg/日)	流達率
菱田橋	2.28	13.24	2608.2	13491.3	0.193

\* 2002～2010年度の平均値

4. 3. 3 将来水質の予測

将来においても低水流量と流達率は現状と変わらないものと仮定し、次式により2024年度の水質について試算を行った結果を表18に示す。菱田橋のBOD75%値は2.25mg/Lと環境基準を超過する予測結果となった。

$$(BOD75\%値) = (流達負荷量) \div (低水流量)$$

$$(流達負荷量) = (将来汚濁負荷量) \times (流達率)$$

表18 2024年度の水質(BOD75%値)の予測結果

地点	将来排出負荷量 (BOD : kg/日)	流達率	流達負荷量 (BOD : kg/日)	流量 (m <sup>3</sup> /s)	将来水質 BOD(mg/L)
菱田橋	13336.4	0.193	2573.9	13.24	2.25

4. 3. 4 環境基準達成のための削減負荷量の試算

環境基準点のBODが環境基準値の2mg/L以下となるための許容汚濁負荷量と将来削減すべき汚濁負荷量を試算

した結果を表19に示す。

菱田橋において環境基準を達成するために、流域で削減すべき汚濁負荷量は1482.1kg/日である。これは流域全体の負荷量の11%に相当する。

表19 環境基準達成のため削減すべき排出汚濁負荷量  
(BOD : kg/日)

地点	将来汚濁負荷量 (a)	許容汚濁負荷量 (b)	削減すべき汚濁負荷量 (a-b)
菱田橋	13336.4	11854.3	1482.1

水質改善対策としては、全体負荷の約75%を占め、下流域に集中している水産系の負荷削減が課題であるとともに、流域全体で約15%を占める畜産系及び生活排水処理施設の整備による生活系の負荷削減が必要と考えられる。

水産系の汚濁負荷を20%削減した場合と、水産系及び畜産系の汚濁負荷を20%削減した場合の水質について試算した結果を表20に示す。

BOD75%値はいずれの場合も環境基準を下回る結果となった。

表20 主要発生源による汚濁負荷削減の効果

削減項目	削減割合 (%)	削減汚濁負荷量 (BOD : kg/日)	水質の予測結果 BOD75%値 (mg/L)
水産系・畜産系	20	2403.2	1.84
水産系	20	2031.6	1.91

## 5 まとめ

- 1) クリーンリバー2010による社会背景調査から、菱田川流域における排出汚濁負荷量を算出したところ、汚濁負荷の排出は下流域に集中しており、負荷総量の約75%が鰻の養殖により排出されている結果となった。
- 2) 菱田川における水質については、上流域では良好な状況であるが、下流域の田尾橋、菱田橋では汚濁負荷の流入が集中し、BODが環境基準を超過する状況が多くみられた。
- 3) 環境基準を達成するために削減すべき汚濁負荷量を試算したところ、環境基準達成には、1482.1kg/日の負荷量削減が必要であり、負荷割合の大きい水産系の汚濁負荷量を現状から20%削減するなど負荷量削減の対策が必要である。

## 参考文献

- 1) 鹿児島県；平成21年度身近なふるさとの川総合調査事業報告書
- 2) 社団法人日本下水道協会；流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説，2008年
- 3) 鹿児島県；第4期鹿児島湾水質環境管理計画資料編，2005年3月
- 4) 鹿児島県；池田湖水質環境管理計画1983年3月
- 5) 鹿児島県；河川延長流域一覧表，1985年10月
- 6) 鹿児島県；家畜別飼養戸数・頭数の推移；  
<http://www.pref.kagoshima.jp/sangyo-rodo/nogyo/tikusan/basic/shiyoukosuu-shiyoutousuu.html>
- 7) 鹿児島県；平成21年度鹿児島県水産要覧
- 8) 鹿児島県；鹿児島県の工業 平成21年工業統計調査結果